

AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE E DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO AO ESCORREGAMENTO EM ENCOSTAS DO SÍTIO URBANO DO MUNICÍPIO DE ILHÉUS-BA, BRASIL

**Evaluation of Landslides Susceptibility and Risk Areas Delimitation
of Urban Area in Ilhéus City, Bahia, Brazil**

Ronaldo Lima Gomes*

Gustavo Barreto Franco**

Niel Nascimento Teixeira***

Agna Almeida Menezes****

RESUMO – Este trabalho foi concebido no sentido de desenvolver estudos destinados a compreensão dos fatores condicionantes do perigo ao escorregamento e consequentemente o entendimento dos problemas de estabilidade de encostas, tendo em vista à determinação da distribuição espacial das classes de susceptibilidade e de áreas de risco no sítio urbano de Ilhéus. Para tanto, a metodologia adotada contempla a execução de produtos cartográficos na escala 1:10.000, como a carta geológico-geotécnica, de formas de relevo, de manifestações de escorregamento, de uso e ocupação e de susceptibilidade ao escorregamento. Estes dados foram úteis para delimitação de 44 áreas consideradas de risco, cada uma delas caracterizadas a partir da utilização de informações preexistentes que contemplam dados sócio-econômicos e de infra-estrutura urbana. Os dados e informações foram sistematizados e armazenados em meio digital utilizando-se a tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas.

SYNOPSIS – This work has the objective of identifying and analysing the problems of slopes instability in the urban area of Ilhéus city, Bahia State (Brazil) and, consequently, determines the spatial distribution of classes of susceptibility and risk areas in the urban site. The methodology includes the implementation of 1:10,000 scale mapping products, such as geological and geotechnical chart, relief forms, landslides occurrences, land use and landslides susceptibility mapping. These data were useful for delineation of 44 areas considered at risk, each one characterized by the use of background information that includes socio-economic data and urban infrastructure. Data and information were organized and stored in digital media using the technology of Geographical Information Systems.

PALAVRAS CHAVE – Risco Geológico, Susceptibilidade, Escorregamentos, Planejamento Urbano.

* Professor Adjunto, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz. e-mail: rlgomes@uesc.br

** Doutorando, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa.
e-mail: gustavopraia@yahoo.com.br

*** Professor Adjunto, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz. e-mail: nielnt@yahoo.com.br

**** Professora Adjunta, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual de Santa Cruz.
e-mail: agna@uesc.br

1 – INTRODUÇÃO

O Município de Ilhéus localiza-se na região sul do Estado da Bahia e possui atualmente cerca de 220.000 habitantes, sendo que destes 70% habitam a zona urbana. A cidade tornou-se conhecida no cenário nacional devido ao cultivo e comercialização do cacau, que teve apogeu na década de 1980. Após este período, a crise que se instalou neste setor, resultante de mudanças no cenário mundial da produção de cacau, provocou intenso desequilíbrio social em função da carência de trabalho associado às lavouras da zona rural. Desta forma, houve uma migração de habitantes da zona rural para a zona urbana do município na procura de novas oportunidades. Tal fato potencializou o aparecimento de inúmeras áreas de ocupações subnormais, a exemplo de áreas de manguezais, já que a cidade de Ilhéus localiza-se em área litorânea, mais precisamente associada a zona de estuário do Rio Cachoeira (Figura 1); e áreas de encostas, visto que o substrato granulítico e seu espesso manto de alteração formam modelados de morros e colinas (Figura 2) com cotas que podem atingir 80m. Neste contexto, tal como o que vem ocorrendo em outras cidades do Brasil, a exemplo de Salvador, Rio de Janeiro, Recife, Belo Horizonte, dentre outras, as áreas de encostas vem sendo densamente ocupadas, e com o agravante de que as tipologias habitacionais encontradas tendem, cada vez mais, a verticalização, sendo facilmente observadas estruturas prediais de 2 a 3 pavimentos.

De forma geral, o principal fator desencadeante de escorregamentos em encostas quase sempre é a de chuvas prolongadas e de grande intensidade. A água é um dos agentes responsáveis pelos inúmeros processos de instabilização de encostas, seja através de precipitações pluviométricas diretamente sobre o talude ou como consequência da elevação do lençol freático (Guidicini, 1976; Varnes, 1985; Ayala, 1987; ABGE, 1995). No entanto, fatores diretamente associados à ocupação humana são considerados agentes predisponentes, tais como: ausência de drenagem pluvial da área, lançamento de águas residuais no talude, infiltrações decorrentes de vazamentos, vegetação inapropriada, deposição de lixo e entulho, cortes abusivos e sobrecargas no talude (Cerri, 1993; PMS, 2003). Saliencia-se que no sítio urbano de Ilhéus os morros eram, em sua grande maioria, áreas verdes e públicas que foram progressivamente desmatados durante o processo de ocupação desordenada. Em decorrência da retirada da cobertura vegetal original e da substituição da vegetação natural por culturas diversas, inclusive espécies retentoras de água no solo das encostas, é crescente o perigo de desestabilização destes taludes.

A aplicação de sistemas de informação geográfica para previsão e análise da susceptibilidade a escorregamentos vem ocorrendo mundialmente desde meados da década de oitenta, principalmente em estudos associados ao desenvolvimento de modelos quantitativos de simulação do processo (Lan et al., 2004). No Brasil, a aplicação de SIG ganhou impulso no final da década de noventa, e atualmente se consolida uma ferramenta indispensável para aplicação das metodologias de análise da susceptibilidade a escorregamentos, que, de modo geral, possui como base a combinação de dados e informações referentes a aspectos geológico-geotécnicos (litologia e parâmetros de resistência dos materiais não consolidados, etc.), geomorfológicos (declividade, hipsometria, aspecto) e de uso do solo (tipologias de ocupação, tipos de vegetação, etc.). Assim, a adoção da tecnologia SIG traz significativos avanços no processo de gestão das informações, agregando o dinamismo e a eficiência necessária para a gestão do problema do risco em assentamentos precários nas encostas do sítio urbano de Ilhéus.

2 – MÉTODO ADOTADO

As atividades para execução deste trabalho agruparam-se hierarquicamente da seguinte forma: inventário dos pontos de instabilidade, diagnóstico físico-ambiental e elaboração da cartografia temática e de susceptibilidade ao escorregamento.

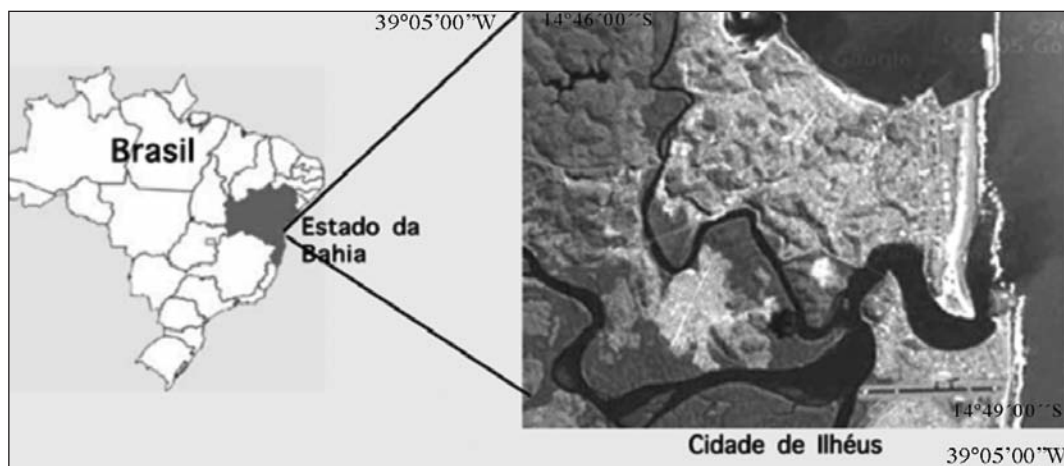


Fig. 1 – Localização da área em estudo.

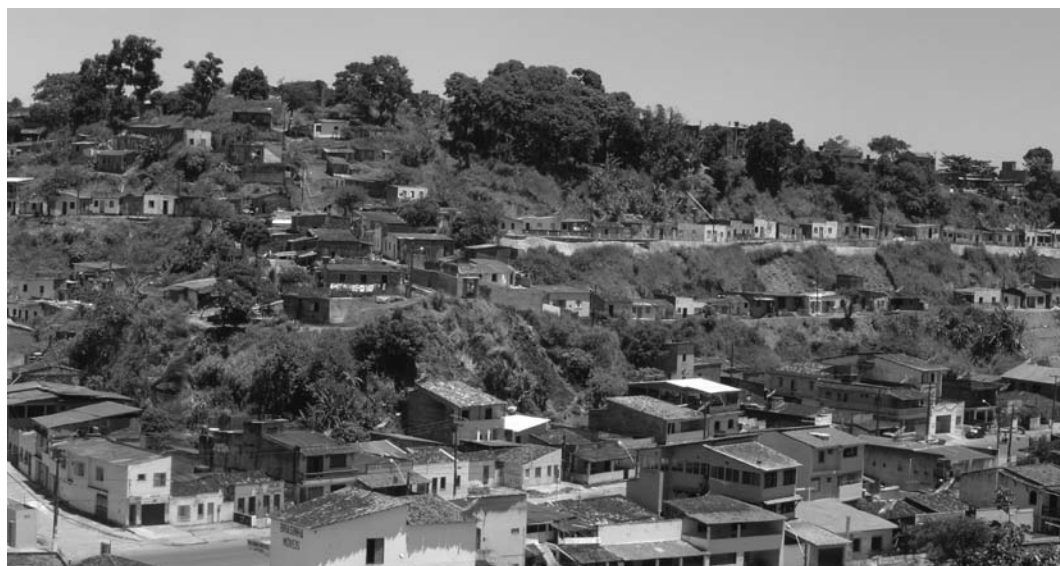


Fig. 2 – Vista panorâmica de morro localizado no bairro do Malhado em Ilhéus, apresentando processo de ocupação desordenada nas encostas. Observar ocorrência de desmatamento, exposição de solos, cortes abruptos e carência de infra-estrutura básica.

O inventário de pontos de instabilidade possuiu a finalidade de levantar dados a respeito da ocorrência de deslizamentos de terra e cadastramento de pontos potenciais. Dessa forma, foram realizadas vistorias de campo nos pontos considerados críticos para o entendimento da dinâmica dos escorregamentos com o objetivo de coletar dados físico-ambientais de natureza geológico-geotécnica, geomorfológica e de uso e ocupação. Com relação a elaboração da cartografia temática e de susceptibilidade, estas foram realizadas com a utilização de base cartográfica na escala 1:2.000, contendo curvas de nível com variação de 1m. A escala de apresentação dos produtos cartográficos é a de 1:10.000.

A Carta Geológico-Geotécnica do Sítio Urbano de Ilhéus apresenta a espacialização de informações a cerca das características do substrato rochoso e não consolidado consideradas relevantes para avaliação da susceptibilidade ao escorregamento. De forma geral, esta carta resultou de levantamentos de campo e da interpretação de fotografias aéreas, seguidas da análise e tratamento das informações, sendo definidas unidades informais de hierarquia que identificam ambientes geológico-geotécnicos distintos.

Quanto ao mapa de formas de relevo, este buscou caracterizar os diferentes tipos de relevo existentes na área objetivando o entendimento dos arranjos tridimensionais das feições e da dinâmicas do meio físico. Para sua realização foram utilizados atributos como declividade, hipsometria e aspecto, obtidos da análise do MDT (Modelo Digital do Terreno) gerado a partir da interpolação digital de curvas de nível com equidistância de 1m.

Para o entendimento da distribuição de diferentes tipos de uso e ocupação do solo no sítio urbano de Ilhéus foram levantadas informações de dados georeferenciados produzidos por órgãos e entidades públicas, a exemplo da Prefeitura Municipal de Ilhéus, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, e da Universidade Estadual de Santa Cruz. Com relação aos dados da Prefeitura Municipal utilizou-se o mapeamento das áreas consideradas subnormais definidas no Plano Estratégico Municipal Para Assentamentos Subnormais (PEMAS, 2002). Do IBGE foram utilizados os dados georeferenciados dos setores censitários da cidade.

Já a Carta de Susceptibilidade resultou da combinação de duas componentes fundamentais: a componente natural e a componente antrópica. A primeira componente associa-se aos efeitos de fatores naturais, ou seja, aos agentes morfogenéticos, combinados com parâmetros geotécnicos e feições geológico-estruturais. A segunda componente se refere a riscos decorrentes da ação antrópica, isto é, envolvendo variáveis próprias da atividade humana que interagem de modo agravante com os fatores naturais. Desta forma a carta gerada apresenta a combinação dos planos de informações obtidos pela avaliação do índice de estabilidade (IE), gerado pela adoção do modelo SINMAP (Stability Index Mapping), e por sua relação com os dados antrópicos sintetizados pelos planos de informação das áreas subnormais e dos setores censitários.

O SINMAP é um modelo desenvolvido por Pack *et al.* (1998) e implementado na forma de extensão do software “Arcview 3.2”. A teoria do programa abrange modelos de ruptura translacional ou planar de taludes infinitos saturados, estando a saturação representada por fatores do relevo e modelos de fluxo hidrogeológico (Vieira *et al.*, 2005). Apesar da limitação do programa em abranger apenas o processo de escorregamento planar, o modelo adapta-se se ao tipo comum de ruptura observada em campo, esta caracterizada pela movimentação principal ao longo de uma superfície plana, envolvendo normalmente material de pequena espessura (Figura 3). Esses movimentos



Fig. 3 – Escorregamento em encosta localizada ao longo da Avenida Palmares. Notar a geometria plana e rasa da superfície de ruptura.

caracterizam-se por serem rápidos e de alta energia e acontecem normalmente por ocasião de chuvas intensas (Guidicini *et al.*, 1976).

De acordo com Vieira *et al.* (2005), o mérito do SINMAP está no fato de calcular o índice de estabilidade (IE) a partir de informações geográficas de parâmetros de resistência do solo (coesão e ângulo de atrito interno), grau de saturação (calculado indiretamente pela relação taxa de recarga/transmissividade) e de parâmetros morfométricos (forma da bacia e declividade), estabelecidos por meio de modelagem digital da superfície dos terrenos. E para tornar o modelo mais representativo do comportamento dos processos de ruptura, característicos da área de estudo e dos resultados da interação das intervenções antrópicas com o ambiente, ele permite a calibração através das ocorrências pretéritas dos escorregamentos registradas na etapa de inventário dos pontos de instabilidade.

O SINMAP utiliza a fórmula do fator de segurança (FS) desenvolvida por Hammond *et al.* (1992) e, com base nos pressupostos descritos e manipulações matemáticas apresentados de forma detalhada em Pack *et al.* (1998), o FS é expresso como:

$$FS = \frac{C + \cos \theta \left[1 - \min \left(\frac{R}{T} \frac{a}{\sin \theta}, 1 \right) r \right] \tan \phi}{\sin \theta} \quad (1)$$

Onde: C = coesão do solo [N/m²], θ = declividade do terreno, R/T = razão entre a transmissividade e a taxa de recarga efetiva [m], a = área específica da bacia [m²/m], ϕ = ângulo de atrito interno do solo [graus] e $r = \rho_w/\rho_s$ = razão entre a densidade da água e do solo úmido.

Para este trabalho os parâmetros geotécnicos de densidade do solo seco, coesão e ângulo de atrito foram obtidos a partir de consultas bibliográficas referentes às características de solos de alteração em granulitos, principalmente, os localizados na região metropolitana de Salvador-BA. Os valores da relação precipitação/transmissividade representam ocorrências de chuvas variáveis de 35 a 45mm/dia de acordo com os dados de Lan *et al.* (2004). Já os valores de densidade do solo úmido, densidade da água e aceleração da gravidade são padronizados e constantes na simulação do programa. A Tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros utilizados.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na modelagem do Índice de Estabilidade com a utilização do SINMAP.

Parâmetros	Valores utilizados no modelo
Aceleração da Gravidade	9,81m/s ²
Densidade do Solo Seco	1800kg/m ³
Densidade do Solo Úmido	2000kg/m ³
Densidade da Água	1000kg/m ³
Coesão do Solo (mínimo)	0,19N/m ²
Coesão do Solo (máximo)	0,43N/m ²
Ângulo de Atrito (mínimo)	27°
Ângulo de Atrito (máximo)	32°
Relação entre Precipitação e Transmissividade (mínimo)	2000m
Relação entre Precipitação e Transmissividade (máximo)	3000m

O resultado da aplicação do SINMAP representa a distribuição de um índice de estabilidade (IE) que define a probabilidade do fator de segurança ser superior ou inferior a 1. Dessa forma, os valores de IE gerados são automaticamente agrupados em seis classes: Classe 1 – $IE > 1,5$ (estável); Classe 2 – $1,5 > IE > 1,25$ (moderadamente estável); Classe 3 – $1,25 > IE > 1,0$ (quase estável); Classe 4 – $1,0 > IE > 0,5$ (limiar inferior de estabilidade); Classe 5 – $0,5 > IE > 0,0$ (limiar superior de instabilidade); Classe 6 – $IE < 0,0$ (instável).

Nesta trabalho optou-se pela utilização de apenas quatro classes de estabilidade a partir da agregação das classes 2 e 3, e 5 e 6. Tal procedimento facilita a correlação de classes de susceptibilidade em níveis que variam de baixo, médio, alto a muito alto amplamente utilizadas para classificação de graus de susceptibilidade e de risco a escorregamentos no Brasil.

Dessa forma, são consideradas áreas de baixa susceptibilidade a escorregamentos os terrenos que sob condições de uso inadequado apresentam índice de estabilidade maior que 1,5 (probabilidade $> 50\%$ do fator de segurança ser > 1); Áreas de média susceptibilidade a escorregamentos aquelas que apresentam terrenos que sob condições de uso inadequado apresentam índice de estabilidade entre 1,0 e 1,5 (probabilidade $< 50\%$ do fator de segurança ser > 1); áreas de alta susceptibilidade a escorregamentos com terrenos que sob condições de uso inadequado apresentam índice de estabilidade entre 0,5 e 1,0 (probabilidade $< 50\%$ do fator de segurança ser < 1) e áreas de muito alta susceptibilidade a escorregamentos: terrenos que sob condições de uso inadequado apresentam índice de estabilidade menores que 0,5 (probabilidade $> 50\%$ do fator de segurança ser < 1).

3 – OS CONDICIONANTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS, GEOMORFOLÓGICOS E DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

3.1 – A Carta Geológico-geotécnica

Na área estudada ocorrem dois ambientes geológico-geotécnicos distintos: o domínio dos depósitos sedimentares não consolidados Quaternários e o domínio das rochas do substrato cristalino (Figura 4). O domínio dos depósitos sedimentares não consolidados Quaternários engloba cerca de 43% da área estudada e apresenta-se representado por materiais sedimentares de diversas filiações, resultantes de inúmeras variações ocorridas no nível do mar durante o Quaternário, mais precisamente durante o Holoceno (Martin *et al.*, 1980). São representados por depósitos de areias esbranquiçadas e bem selecionadas localizados acima do nível atual do mar e distribuídos até a cota 4m, constituem o substrato de implantação de bairros litorâneos da cidade. Com relação aos depósitos recentes estes possuem origem aluvionar, associada a implantação da rede de drenagem local, ou relacionados a ambientes de praia e de planície de maré, principalmente os ocorrentes nas áreas de manguezais. No ambiente urbano os depósitos de materiais não consolidados apresentam índices físicos e outros parâmetros geotécnicos dependentes da proporção relativa de argilas e/ou matéria orgânica, da profundidade do lençol freático e do seu grau de saturação. Observa-se nesse ambiente forte potencialidade para alagamentos em determinados pontos ou zonas em situações de chuvas intensas e prolongadas. Devido à baixa declividade associada a estas áreas, a sua importância quanto a eventos de instabilidade de encostas torna-se inexistente.

O domínio dos depósitos sedimentares não consolidados Quaternários subdivide-se em 5 tipos, a saber:

- a) Depósitos de Areia Quartzosa de Praia Atual – São formados por sedimentos marinhos de granulometria média a grosseira compostos predominantemente por grãos de quartzo e secundariamente por biodetritos, fragmentos de rocha e minerais pesados. As principais fontes são as rochas do embasamento cristalino (Martin *et al.*, 1980). Correspondem às areias de praia atual distribuídas ao longo da linha de costa e em pontos de sedimentação arenosa no interior do estuário de Ilhéus (Área de recobrimento = 105,9ha; 6,51% do total estudado);

- b) Depósitos de Manguezais Atuais - Materiais argilo-siltosos ricos em matéria orgânica (Martin *et al.*, 1980). Encontram-se distribuídos pelas margens dos rios Cachoeira e Fundão, em áreas de planícies de marés no interior do estuário de Ilhéus (Área de recobrimento = 255,6ha; 15,72% do total estudado);
- c) Terraços Arenosos Marinhos Holocênicos – Depósitos sedimentares resultantes da máxima transgressão Holocênica constituídos por areias que apresentam bom a moderado selecionamento (Martin *et al.*, 1980). Na área estudada, o topo destes terraços se situa até 4 metros acima do nível atual da preamar representando o substrato das áreas planas do centro comercial e trecho da Av. Soares Lopes (Área de recobrimento = 213,1ha; 13,11% do total estudado);
- d) Depósitos Flúvio-lagunares Holocênicos – Depósitos sedimentares de origem flúvio-lagunar ocorrente em áreas atualmente emersas localizadas no interior do estuário de Ilhéus e associados aos eventos de variação do nível do mar durante o Holoceno. São representados por areias e siltes argilosos ricos em matéria orgânica (Martin *et al.*, 1980). Representam o substrato plano do bairro Teotônio Vilela e áreas adjacentes (Área de recobrimento = 124,8ha; 7,67% do total estudado);
- e) Arenitos de Praia - Bancos de arenito alongados e paralelos à linha de costa, localizados a partir do limite da preamar e na direção costa-afora (Martin *et al.*, 1980), bem exposto em afloramentos no trecho que se estende do Morro do Pernambuco ao Hotel Opaba. A sua composição varia de arenito quartzoso a calcarenito (Área de recobrimento = 2,2ha; 0,13% do total estudado).

Com relação ao domínio do Complexo Cristalino, do ponto de vista de sua geologia, praticamente 57% do sítio urbano de Ilhéus encontra-se assente sobre rochas do substrato cristalino de idade Pré-Cambriana. Estas rochas fazem parte do denominado Cinturão de Itabuna, constituído, predominantemente, por charnoquitos, gnaisses, migmatitos e anfibolitos, em fácies granulito (Arcanjo, 1997). Este substrato encontra-se bastante deformado e fraturado, estimando-se, pelo menos, cinco famílias de descontinuidades. Neste domínio as encostas são alongadas, com vertentes esculpidas em perfis de alteração que apresentam espessuras até 30 metros, diferindo entre si pelo grau de evolução do solo e/ou pelas modificações introduzidas por corte mecânico do terreno. Em situações de chuvas intensas e prolongadas, encostas ou mesmo taludes de corte apresentam uma maior potencialidade para deslizamentos. Salienta-se, que em condições de drenagem satisfatória e de baixo passivo ambiental, estas encostas apresentam-se estáveis, evidenciadas, muitas vezes, pela observação de inclinações negativas em pequenos e rudimentares taludes de corte. Contudo, o conjunto de ações desencadeadas pela ocupação do espaço (desmatamento, corte abrupto do terreno, interferência na drenagem natural, esgotamento inadequado, dentre outras) vem contribuindo de forma decisiva para reduzir o nível de estabilidade. O domínio do Complexo Cristalino subdivide-se em 2 unidades (Figura 4), a saber:

- a) Granulitos do Complexo Ilhéus - Associação de rochas cristalinas com arranjo estrutural e estratigráfico complexo e paragêneses minerais de alto grau metamórfico, genericamente chamadas de granulito. Rochas essencialmente vulcanogênicas, calcoalcalinas e subalcalinas granulitizadas (Arcanjo, 1997) (Área de recobrimento = 519,6ha; 32% do total estudado);
- b) Granulitos do Complexo Ibicarai - Buerarema - Ortognaisses félsicos, calcoalcalinos a teo-leíticos granulitizados (Arcanjo, 1997) (Área de recobrimento = 404,7ha; 24,9% do total estudado).

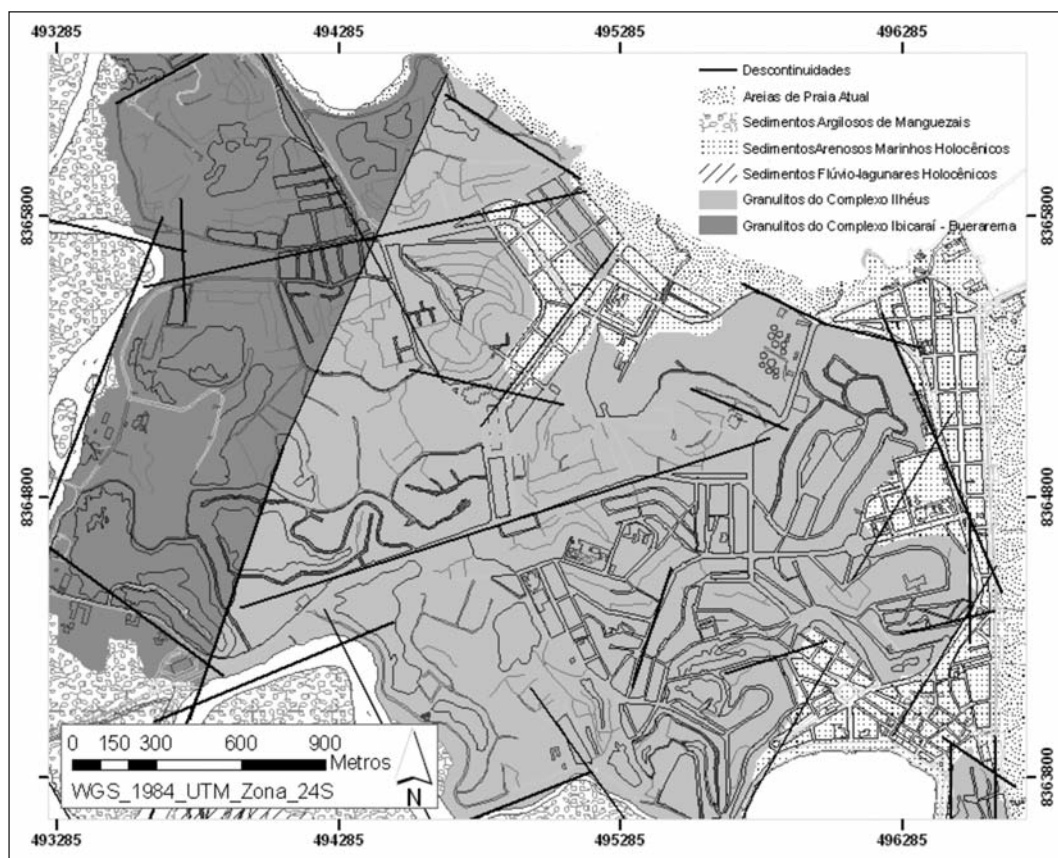


Fig. 4 – Distribuição na área das unidades geológico-geotécnicas dos depósitos sedimentares não consolidados Quaternários e do domínio do Complexo Cristalino.

3.2 – As Formas de relevo

Este item busca caracterizar os diferentes tipos de relevo existentes na área objetivando o entendimento dos arranjos tridimensionais das feições e da dinâmicas do meio físico. Para sua realização foram utilizados atributos como declividade, hipsometria e aspecto obtidos da análise do MDT (Modelo Digital do Terreno).

3.2.1 – Hipsometria

A análise do MDT permitiu a seleção de sete classes altimétricas, conforme apresentada na Figuras 5.

A classe hipsométrica com valores de altitude entre o nível do mar até a cota 5m, corresponde as áreas da baixada litorânea que abrangem os domínios emersos dos manguezais, praias atuais e depósitos sedimentares não consolidados Holocênicos, correspondendo a 49,50% da área em estudo. De forma geral, a cota 5m atinge o sopé das encostas voltadas para o oceano, estuário de Ilhéus e baixadas associadas as margens do Rio Fundão. Já as cotas compreendidas na classe de 5 – 10m, que constituem o recobrimento de 10,6% da área, associam-se a maioria dos fundos de vale do domínio geológico-geotécnico do embasamento cristalino. A classe de 10 – 30m representa os desníveis associados a porção basal das encostas, enquanto que a classe de 30 – 50m como representativa

da porção superior. A soma destas duas classes engloba cerca de 1/3 da área. Recobrimdo o relevo em sua zona de topo ocorrem as classes hipsométricas de 50 – 80m e 80 – 100m. A primeira configura as cotas dos topos de morros e espigões da parte central da área (9,6%), enquanto que a outra associa-se ao relevo serrano da parte oeste (1,31%).

Abordando a avaliação das classes hipsométricas em função dos domínios geológico-geotécnicos, tem-se que 98,1% da área do domínio geológico-geotécnico dos materiais não consolidados Quaternários encontram-se em cotas inferiores a 5m. Já o domínio geológico-geotécnico das rochas do substrato cristalino apresenta diferentes distribuições de suas classes hipsométricas.

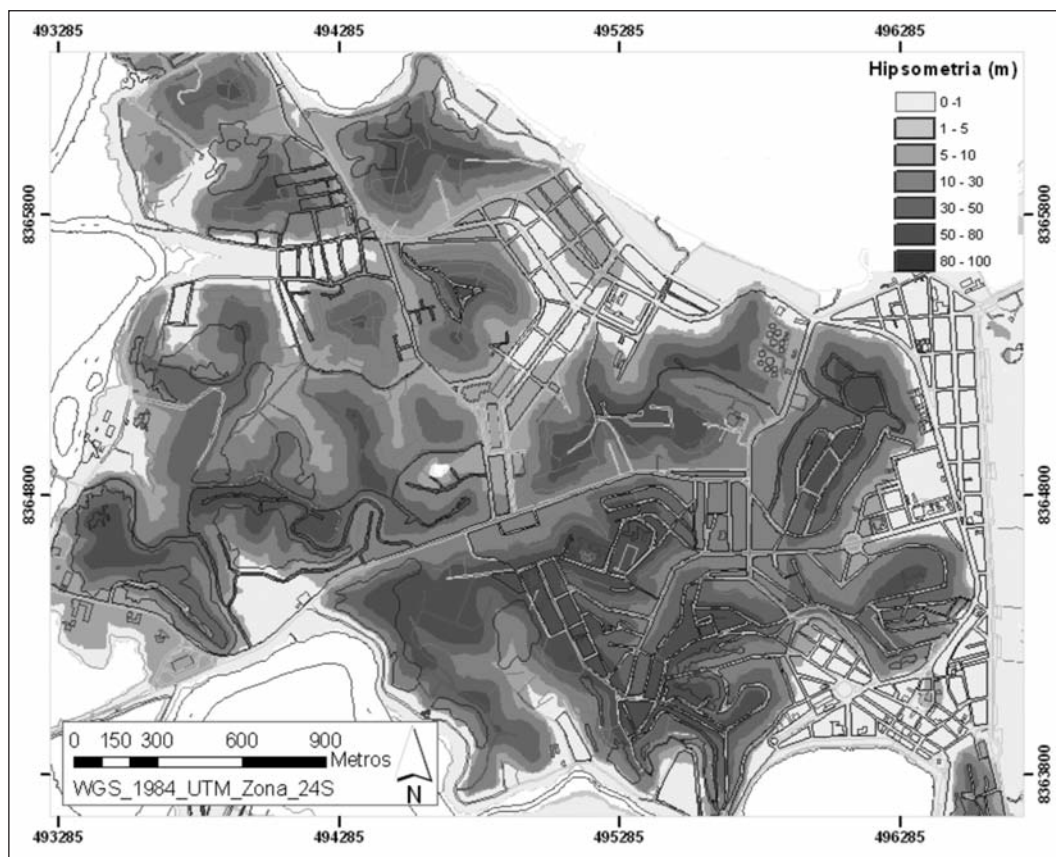


Fig. 5 – Distribuição das diferentes classes hipsométricas na área em estudo.

3.2.2 – Declividade

Para a área estudada, e em função da escala de trabalho (1:10.000), foram estabelecidas 5 classes de declividade (0 – 10%, 10 – 20%, 20 – 40%, 40 – 70% e >70%). As declividades compreendidas entre 0 – 10% correspondem, em grande parte (Figura 6), as áreas do domínio geológico-geotécnico dos depósitos sedimentares não consolidados Quaternários, abrangendo a baixada litorânea que vai desde a zona do centro comercial da cidade até à área portuária. Estas declividades associam-se, também, aos depósitos de manguezais e à área dos sedimentos flúvio-lagunares holocênicos que formam o substrato do bairro Teotônio Vilela. Na área do domínio do Complexo Cristalino, estas baixas declividades associam-se a zona de topo dos morros e aos fundos de vale,

configurando os espigões e os vales abertos em forma de “u”. Já a classe de declividade de 10 – 20%, associa-se, preferencialmente, a zona superior da encosta, caracterizando-se como transição entre as áreas de topo e a porção da encosta mais íngreme. As classes de 20- 40% e 40 – 70% ocorrem no trecho de meia encosta variando as declividades em função da concavidade da vertente. A classe > 70% apresenta, na maioria dos casos, distribuição associada a parte inferior da encosta. Em trechos da Av. Itabuna, Av. Princesa Isabel e Nova Esperança, esta classe de declividade ocorre ao longo de todo setor da encosta, desde a zona de topo até ao contato com o vale.

Analisando as declividades associadas ao Domínio geológico-geotécnico do substrato cristalino observa-se que a classe de declividades compreendidas entre 20 – 40% destaca-se, quando excluída a classe de 0 – 10%, correspondente aos fundos de vale e topos. Dessa forma, as encostas, consideradas neste projeto como áreas de declives superiores a 10%, representam no domínio do substrato cristalino cerca de 67,8% de sua área, ou seja, uma cobertura de aproximadamente 626,7ha.



Fig. 6 – Distribuição das declividades na área em estudo.

3.2.3 – O Aspecto do relevo

Ainda em função da análise morfométrica obtida pelo MDT gerou-se a distribuição do aspecto do relevo da área em estudo. O aspecto representa o ângulo entre o norte e a direcção de inclinação, das unidades de relevo presentes. A Análise da distribuição das direcções remete a um cenário em que as encostas que estão voltadas para o sudeste, leste e sul são as mais ocorrentes, configurando,

desta forma, as direções ortogonais norte, nordeste e leste, respectivamente como as direções de “eixo” dos morros no relevo local. As direções obtidas para este “eixo” são compatíveis com o histórico de deformação do substrato Cristalino que possui, regionalmente, “trend” metamórfico de direção predominante N-S.

3.3 – Aspectos de Uso e Ocupação do Solo

Os planos de informações analisados retrataram um cenário urbano onde ocorrem áreas subnormais e consolidadas (Figura 7). As áreas subnormais se caracterizam pela ocupação desordenada e carência de infra-estrutura urbana refletida pelos arruamentos sub-dimensionados, ocupação de áreas públicas, invasão de áreas de preservação permanente e áreas não apropriadas para a formação de aglomerados urbanos. A maioria dos habitantes ocupam casas de alvenaria com abastecimento de energia, água tratada e, algumas vezes, rede de esgoto, embora uma parcela também habite casas feitas de madeira, lonas e plásticos sem praticamente usufruir de quaisquer infra-estrutura. Quanto ao lixo, apesar dos indicadores apresentarem a quase totalidade da coleta, nota-se um grande acúmulo nas encostas, provavelmente em função do ponto de coleta ser apenas na base do morro e não em suas vias de acesso e cobertura. O Alto Carilos, Alto da Esperança, Alto da Gamboa, Alto da Legião, Alto do Amparo, Alto do Cacau/Uberlândia, Alto do Coqueiro, Alto do Nerival, Alto do Seringal, Alto do Socorro, Alto do Vidigal e o Alto Jamaica são as áreas subnormais do sítio urbano de Ilhéus contempladas por este trabalho. Quanto as áreas consolidadas, os padrões habitacionais

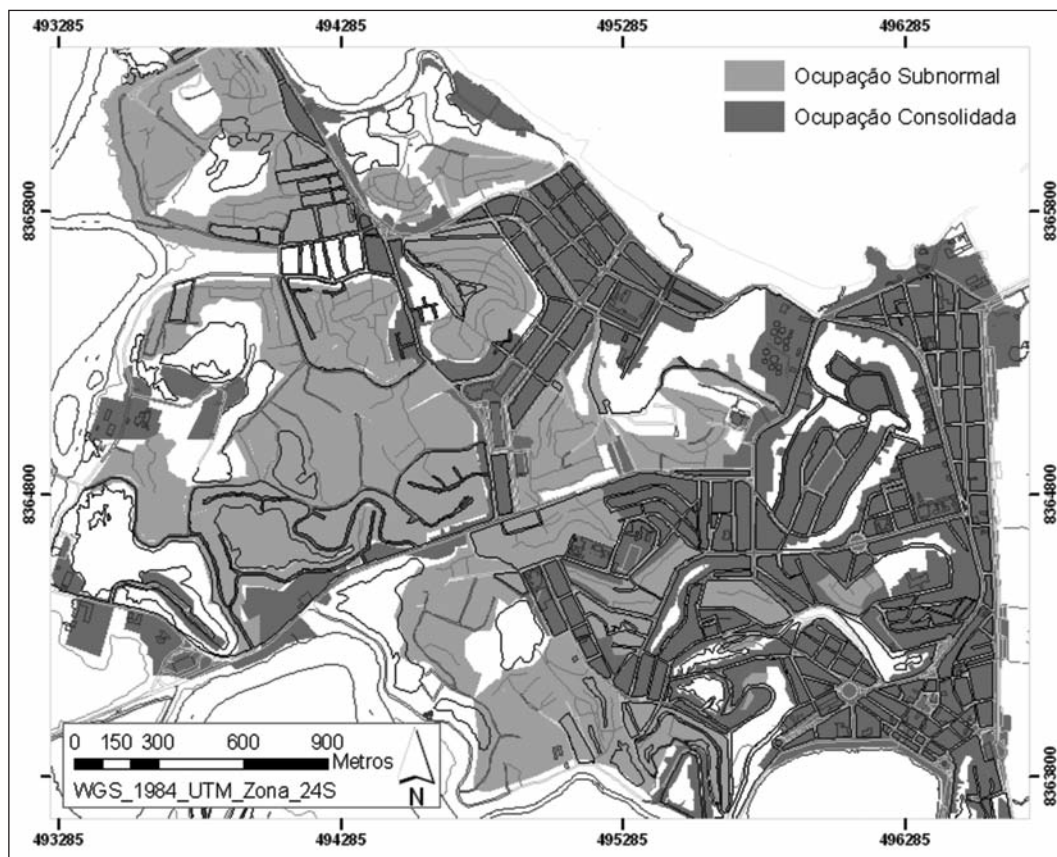


Fig. 7 – Distribuição dos planos de informação de áreas consolidadas e áreas subnormais.

que compõem essa classe evidenciam cuidados e procedimentos técnicos construtivos, que proporcionam a baixa vulnerabilidade do meio aos problemas decorrentes da ocupação, mais especificamente, ao risco de deslizamentos. Nestas áreas a finalidade de uso é tanto residencial quanto comercial, providos de infra-estrutura básica e serviços urbanos qualificados.

4 – SUSCEPTIBILIDADE AO ESCORREGAMENTO NO SÍTIO URBANO DE ILHÉUS

4.1 – Levantamento e sistematização de dados pontuais

Inicialmente foram realizadas visitas a órgãos públicos municipais no sentido de levantamento de informações sobre a ocorrência pretérita de escorregamentos em encostas na cidade. Verificou-se nestas visitas que a abordagem desta temática apresenta-se como parte integrante de documentos e relatórios técnicos que tratam da questão do planejamento urbano, a exemplo do PEMAS (2002), desenvolvido sob financiamento do Programa Habitar Brasil. Na maioria das vezes os projetos são realizados com o objetivo natural de captar recursos a serem investidos em infra-estrutura urbana, consistindo na execução de contenção de encostas, drenagem ou canalização de águas pluviais, rampas, escadarias e iluminação.

Quanto ao levantamento de dados sobre a existência de cadastro de pontos de ocorrência de eventos de escorregamentos, não existem de forma agrupada e/ou condensada. Tal fato, reflete-se, provavelmente, da inexistência no município de órgão público de gestão desta questão, a exemplo da defesa civil. Desta forma, a metodologia adotada neste trabalho contempla vistorias de campo com o objetivo de coletar dados de natureza geológico-geotécnica, geomorfológica, e de uso e ocupação dos pontos avaliados. Para tanto, foram utilizadas fichas descritivas padronizadas englobando a identificação e caracterização das principais relações e condicionantes naturais e antrópicos responsáveis pela instabilidade das encostas urbanas. Foram cadastrados nesta etapa do trabalho 36 pontos.

O conjunto de dados pontuais e informações obtidos foi sistematizado em um banco de dados georeferenciado. Os dados dizem respeito aos pontos de escorregamentos identificados, suas coordenadas, localização, responsável pela identificação, data de identificação, tipologia habitacional, cobertura vegetal, tipo de danos, grau de perigosidade, indicadores ambientais, substrato rochoso, formas de relevo, dentre outros (Tabela 2). A Figura 8 apresenta o formulário utilizado para a incorporação dos dados no sistema.

Em função da possibilidade de utilização do sistema como elemento de gerenciamento dos pontos de risco da Cidade, o banco de dados proposto deverá ser dinâmico para um usuário não especialista, devendo sua entrada de dados novos ser realizada a partir de uma interface amigável sob a forma de formulários. A saída de informações ocorre sob a forma de relatórios definidos conforme as necessidades e os atributos analisados. Quanto ao processo de georeferenciamento, os dados tabulados foram exportados para o software "ArcGIS 9.2" no sentido de espacializar as informações sobre a base cartográfica do sítio urbano, promovendo, desta forma, a visualização da distribuição dos pontos de risco na cidade (Figura 9).

4.2 – A Carta de susceptibilidade ao escorregamento

Partindo do princípio de que a ocorrência de áreas susceptíveis a escorregamentos está intimamente associada as características do meio físico e o seu modo de uso e ocupação, a carta de susceptibilidade ao escorregamento foi confeccionada a partir do conhecimento dos atributos intervenientes nos processos de instabilidade, a exemplo das elevações (hipsometria), declividades, tipos de materiais (características geotécnicas e hidrogeológicas dos solos de alteração), que foram sintetizados e modelados com a ferramenta SINMAP, conforme descrito anteriormente, gerando o potencial/probabilidade da ocorrência do fenômeno, ou seja, a sua susceptibilidade (Figura 10).

Tabela 2 – Estruturação dos dados coletados em campo.

ATRIBUTO DE DESCRIÇÃO	CÓDIGO/TIPO
Cobertura Vegetal	1 - Densa
	2 - Arbustiva
	3 - Capim
	4 - Gramíneas
Dano Indicador	1 - Rachadura
	2 - Desabamentos
	3 - Outros
Indicativo de Ocorrência	1 - Escorregamentos
	2 - Cicatriz
	3 - Trincas
	4 - Queda de Blocos
Perfil de Alteração	1 - Residual Maduro
	2 - Residual Jovem
	3 - Saprólito
	4 - Rocha sã
Posição do Ponto na Topografia	1 - Topo
	2 - Encosta
	3 - Baixada
Provável causa do processo	1 - Natural
	2 - Corte Abrupto
	3 - Sobrecarga
	4 - Aterro não compactado
	5 - Talude de corte
	6 - Outros
Tipologia Habitacional	1 - Alvenaria de Pedra
	2 - Alvenaria de Bloco
	3 - Madeira
	4 - Predial
	5 - Outros
Indicadores Ambientais	Lançamento de águas servidas, lançamento de esgotos, infiltrações/vazamentos, lixo/entulho na encosta, desmatamento, árvores de grande porte, erosão, ausência de pavimentação, escadarias, pede pluvial.

Cadastro do Ponto

cod_Ponto	Coordenada UTM Norte	Coordenada UTM Leste	Data da De	Responsável
1			0	20/2/2006

Cod_tipohabitacional	Habitacões Jussante	Habitacões Montante	Área
1	5	0	

Local
Av. Itabuna n. 2485

Cod_Cobertura	Cod_dano	Cod_Risco	Cod_indicativo	Cod_Perfil	Cod_Topografia	Cod_causa
	2	3	1	1	1	2
						5

☐ Lançamento de águas servidas
 ☐ Lançamento de Esgotos
 ☐ Infiltrações/Azamentos
 ☒ Lixo/Entulho na Encosta
☒ Desmatamento
☒ Árvores de grande porte
☒ Erosões
☐ Ausência de pavimentação
☐ Escadarias
☐ Rede Pluvial

Registro: 1 de 36

Fotografia

Fig. 8 – Formulário de entrada de dados no sistema.

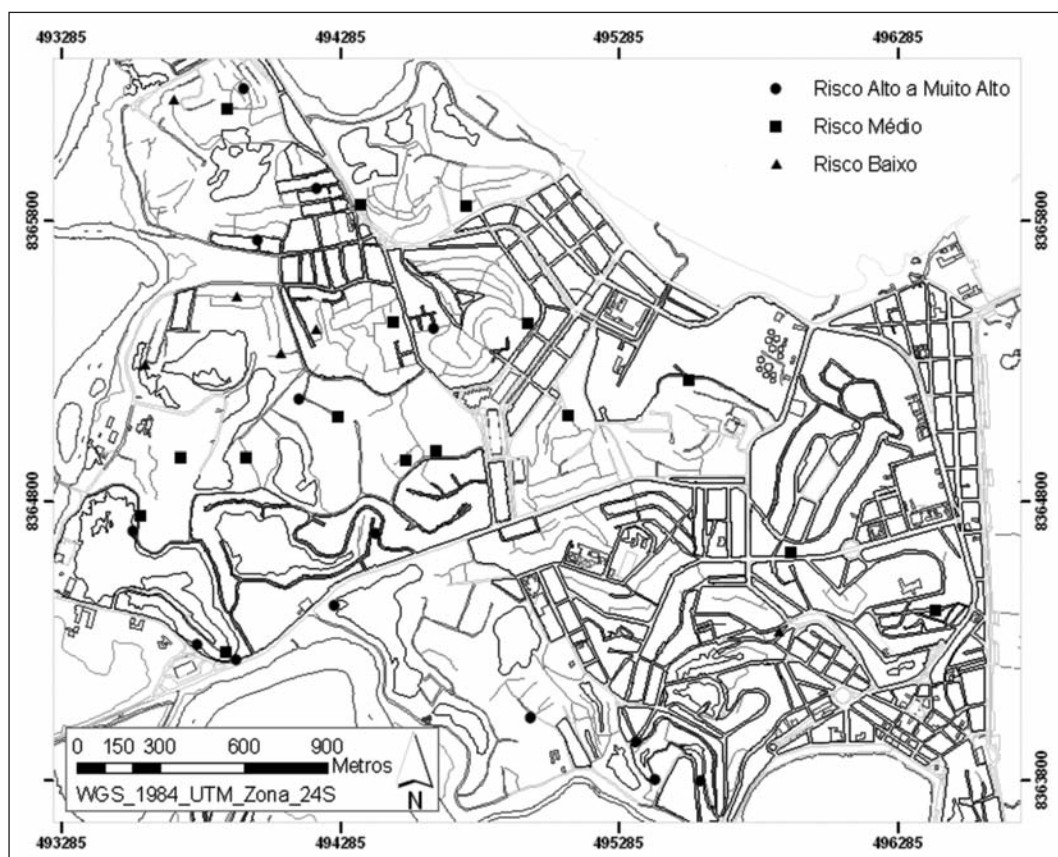


Fig. 9 – Distribuição de pontos de instabilidade visitados e descritos na etapa de inventário.

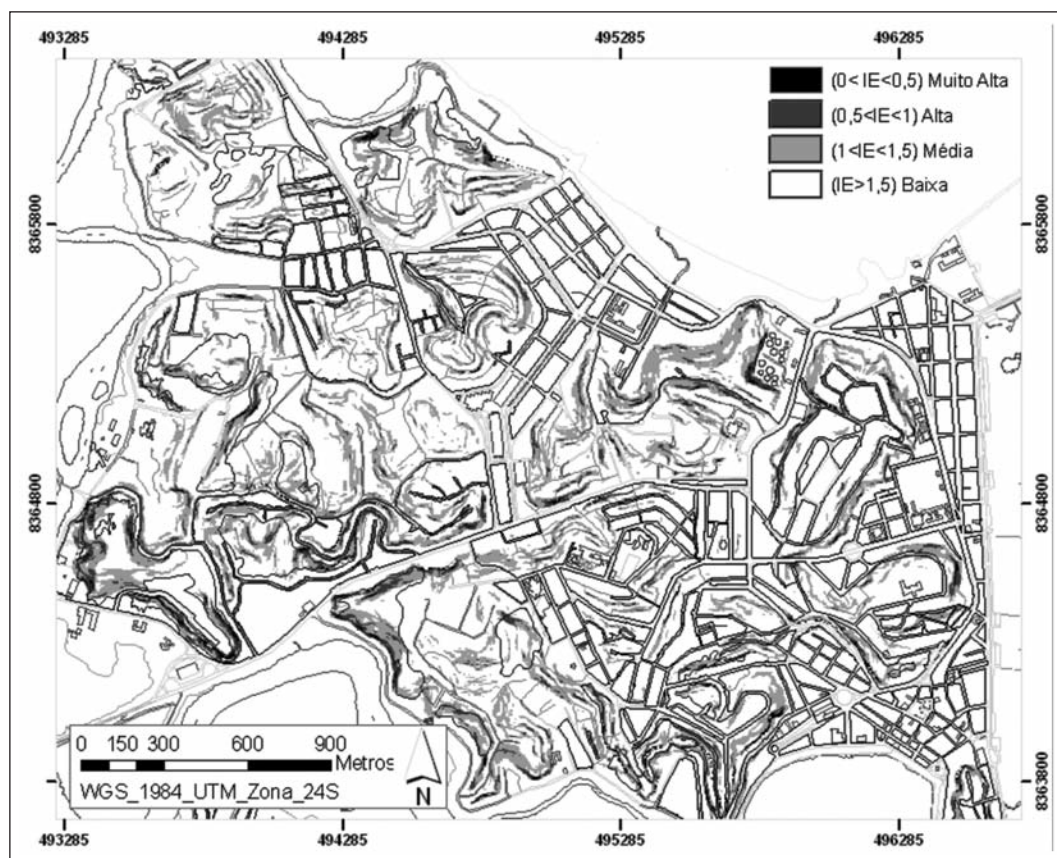


Fig. 10 – Distribuição da Susceptibilidade ao escorregamento.

Já os atributos de uso e ocupação (Figura 7), apresentam-se organizados e georeferenciados a partir dos planos de informações obtidos a partir do reconhecimento da distribuição das áreas sub-normais e setores censitários. Dessa forma, a interação cartográfica entre o elemento de perigosidade com as características de uso e ocupação vem promover o reconhecimento da distribuição da susceptibilidade ao escorregamento na área estudada, partindo-se da premissa de que a susceptibilidade é dada pela relação entre a probabilidade de ocorrência de um determinado perigo de acordo com as características de uso e ocupação. Por outro lado, a existência de informações pontuais, obtidas a partir de trabalhos de campo e de levantamento de informações secundárias, possuem o importante objetivo de validar o modelo de avaliação da susceptibilidade adotado, ou seja o SINMAP. Nesse contexto, a Figura 11 sintetiza o reconhecimento de informações que compõem os planos de informação da Carta de susceptibilidade ao escorregamento em encostas do sítio Urbano do Município de Ilhéus.

A análise das informações contidas na carta de susceptibilidade a escorregamentos leva a um cenário em que 72,8% da área de encostas distribuídas no domínio geológico-geotécnico do substrato Cristalino, ou seja, áreas com declividades maiores que 10%, são consideradas de baixa susceptibilidade a escorregamentos, enquanto que 21,7% de média susceptibilidade, 4,2% de alta susceptibilidade e 1,38% de muito alta susceptibilidade. Estes valores refletem uma representação em área de 458,96, 136,50, 26,45 e 8,68 hectares, respectivamente. Nesse contexto, as áreas consideradas de alta a muito alta susceptibilidade englobam cerca de 35,2 hectares do sítio urbano estudado. Do

ponto de vista de uso e ocupação, cerca de 96% da área considerada consolidada apresenta baixa susceptibilidade a escorregamentos. Já nas áreas consideradas subnormais a classe de susceptibilidade Baixa teve sua representatividade reduzida para 85,3%, enquanto que as classes Média, Alta e Muito Alta susceptibilidade aumentaram, respectivamente, para 11,7%, 2,2% e 0,66%, representando o incremento de cerca de três vezes.

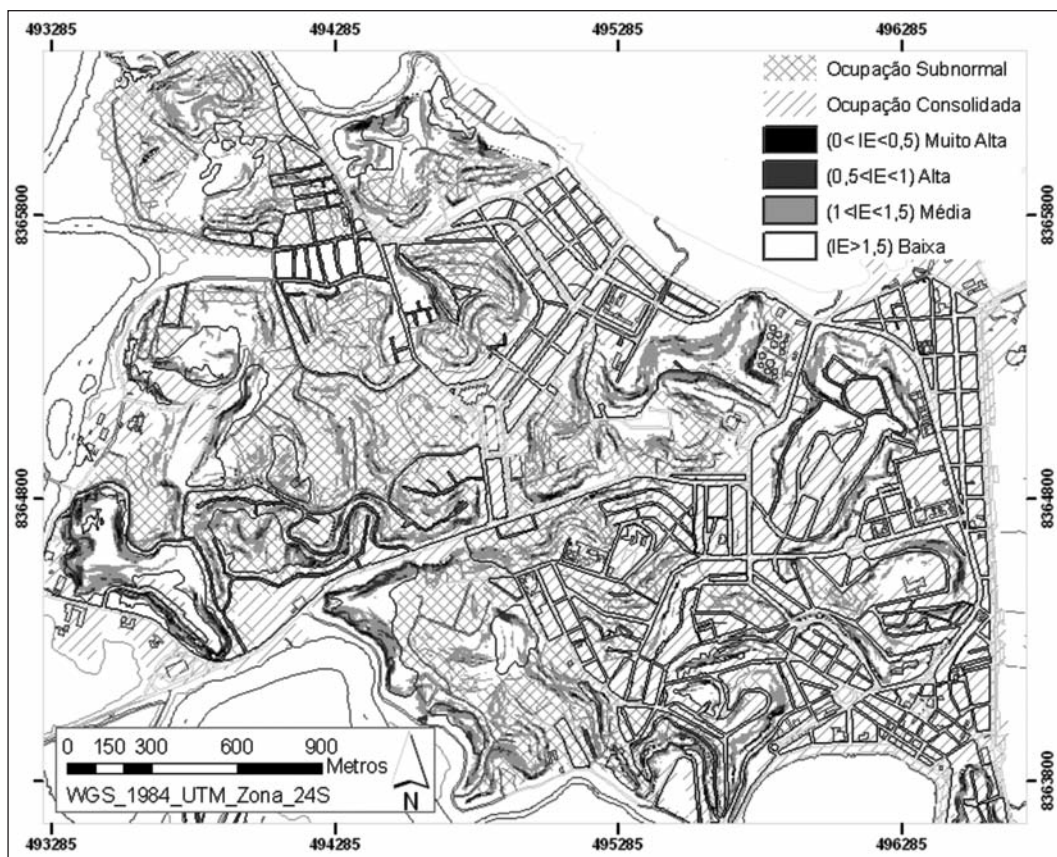


Fig. 11 – Carta de susceptibilidade ao escorregamento em encostas.

4.3 – O Zoneamento de Áreas de Risco a Ocorrências de Escorregamentos

Os trabalhos de campo aliados ao reconhecimento da distribuição espacial das susceptibilidades ao escorregamento proporcionaram a identificação de 44 áreas consideradas de risco geológico, onde a homogeneidade de atributos como extensão da encosta, declividade e tipologia habitacional representam a individualidade espacial de cada área (Figura 12). Adotou-se, ainda, uma sistemática onde foram individualizados 83 setores de encostas obtidos a partir da análise das características do relevo a exemplo de divisores de águas, micro bacias, espigões, feições tipo anfiteatros, etc. Dessa forma, uma determinada área de risco associa-se a uma ou mais encostas (Figura 13). Pode-se, ainda, existir encostas que atualmente não apresentam áreas de risco, por exemplo: a área de risco de número 8 que ocorre na área subnormal do Alto do Nerival e distribui-se ao longo das encostas de números 2 e 3 (Figura 14).

Com os dados das “manchas” das áreas de risco, foi possível associar cada uma delas a um contexto de infra-estrutura urbana a partir de dados extraídos dos planos de informações do PEMAS

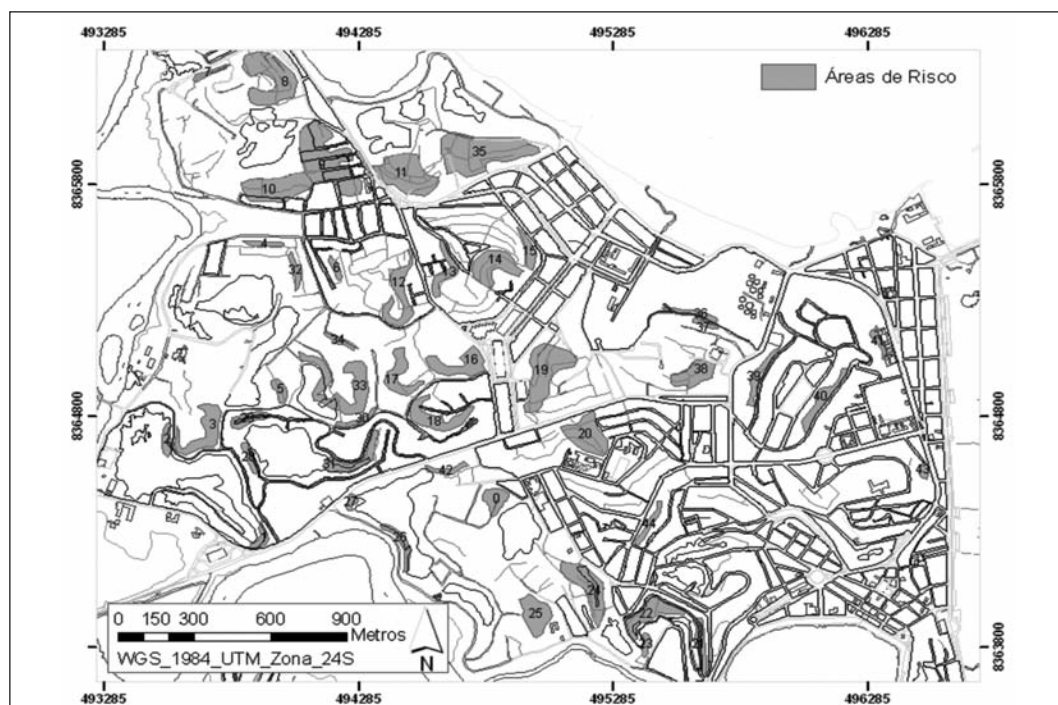


Fig. 12 – Distribuição das Áreas de Risco ao Escorregamento.

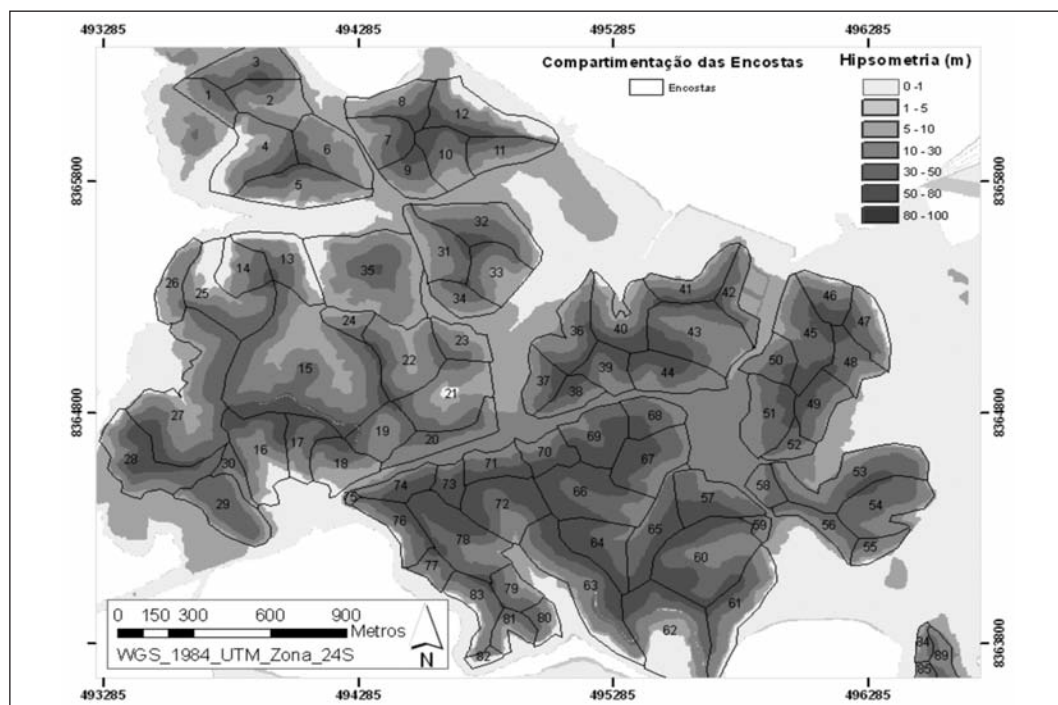


Fig. 13 – Zoneamento dos setores de encostas.

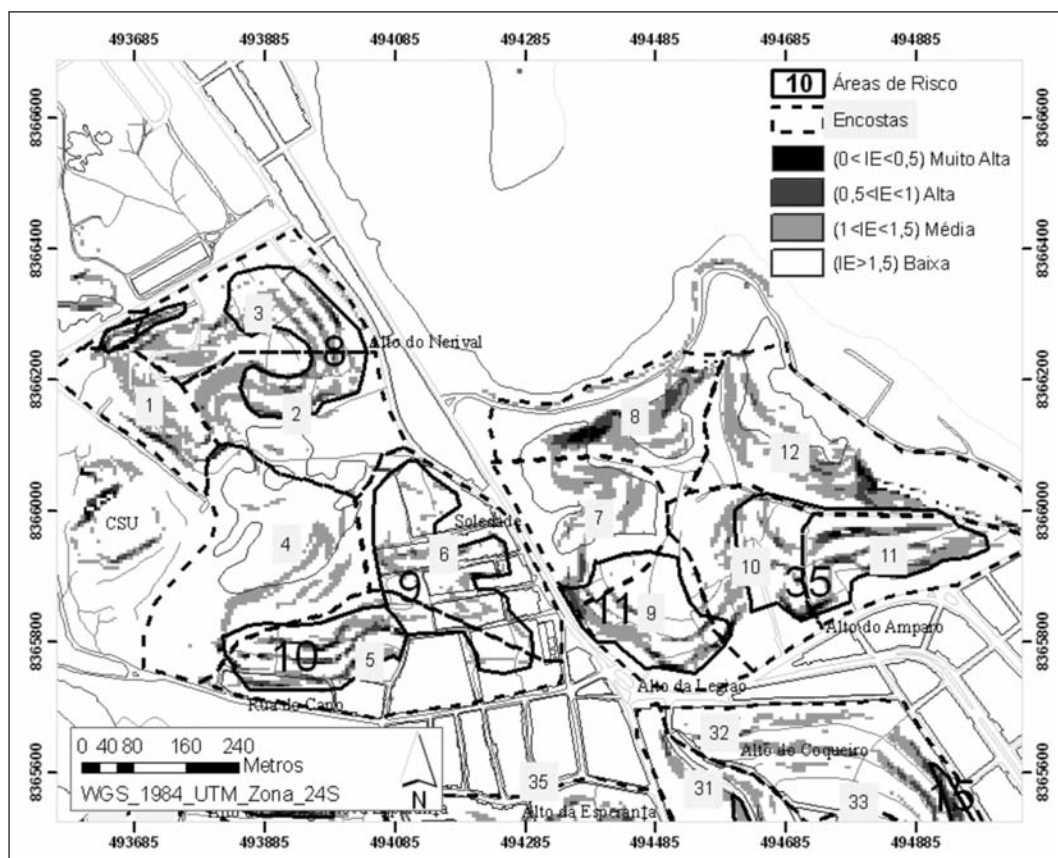


Fig. 14 – Detalhe da Distribuição das áreas de risco na parte norte da do sítio urbano.

(2002) e dos Setores Censitários do IBGE. A Tabela 3 apresenta os dados condensados para as áreas de risco localizadas em áreas consideradas subnormais. As áreas de risco de número 2, 27, 39, 40, 41, 43 e 44 apresentam-se em áreas urbanas consolidadas e, portanto, atendidas por equipamentos públicos, a exemplo de rede de drenagem, coleta de lixo, rede de água, Luz, etc., não sendo objeto de detalhamento na pesquisa.

Em conformidade com os dados apresentados na Tabela 3, as áreas consideradas de risco estão associadas, em sua grande maioria, às áreas subnormais. Depreende-se, também, que em média 60% das vias de acesso presentes nestas áreas apresentam algum tipo de pavimentação. A Rede de Água tratada abastece, em média, 97% dos domicílios das áreas de risco, havendo caso extremo do Alto do Socorro, onde apenas 67% dos domicílios são abastecidos. Quanto à existência de rede de esgoto, em média, 70% dos domicílios utiliza esta rede, a exceção da área de risco de n.3 localizada na Vila Freitas que não possui rede de esgoto. Com relação ao Lixo, de forma geral, o serviço público de coleta abrange, em média, 92% das áreas subnormais. O Alto da Soledade destaca-se com apenas 40% de sua área contemplada pela coleta de lixo. Quanto ao fornecimento de energia elétrica, em média 81% das áreas são abastecidas. Porém, também na área de risco n.3, nas proximidades da Av. Palmares o fornecimento de energia elétrica abrange apenas 40% dos domicílios. Por fim, as tipologias habitacionais são, em média, 76% construídas de alvenaria de blocos. Situações de precariedade são observadas na Vila Freitas, com apenas 20% de seus domicílios em alvenaria (Área de risco n. 3) e no Alto do seringal, com 50% (áreas de risco n.4 e n.32).

Tabela 3 – Características das áreas de risco localizada em áreas subnormais.

Área de Risco	Sistema de Encosta	Área Subnormal	Pavimentação (%)	Rede de Água Tratada (%)	Rede de Esgoto (%)	Coleta de Lixo (%)	Iluminação Pública (%)	Construções em Alvenaria (%)
1	29	Rua Luis Gama	77	100	32	100	90	100
3	27	Basilio	62	100	65	100	80	73
		Av. Palmares	100	100	100	100	40	57
		Vila Freitas	0	100	0	100	100	20
4	13	Alto do Seringal	25	100	33	100	81	50
5	15	Nova Esperança	45	100	64	100	76	56
	Basilio	62	100	65	100	80	73	
6	35	Alto da Esperança	54	100	84	100	89	68
	Nova Esperança	45	100	64	100	76	56	
7	1	CSU	88	92	71	70	81	89
	3							
8	2	Alto do Nerival	47	99	100	80	73	82
	3							
9	5	Soledade	46	100	81	40	72	85
	6	Alto do Nerival	47	99	100	80	73	82
		Soledade	46	100	81	40	72	85
10	4	Soledade	46	100	81	40	72	85
	5	Soledade	46	100	81	40	72	85
		Rua do Cano	0	100	66	66	98	63
11	7	Alto da Legiao	40	97	100	47	52	66
	9							
	10							
12	35	Alto da Esperança	54	100	84	100	89	68
		Nova Esperança	45	100	64	100	76	56
13	31	Alto do Coqueiro	57	100	81	66	81	88
	34							
14	33	Alto do Coqueiro	57	100	81	66	81	88
15	32							
16	21	Basilio	62	100	65	100	80	73
	22							
	23							
17	22	Nova Esperança	45	100	64	100	76	56
	22	Basilio	62	100	65	100	80	73
18	21							
19	36	Alto do cacau/ Uberlândia	75	100	70	99	90	90
	37							
20	69	Alto da Gamboa	79	100	86	96	74	93
21	62	Alto do Socorro	86	67	81	100	91	96
22	62	Alto do Socorro	86	67	81	100	91	96
	63							
23	62	Alto do Socorro	86	67	81	100	91	96
24	63	Alto Jamacica/ Rombudos	74	99	83	100	83	91
25	79	Alto do Vidigal	84	92	90	100	75	74
	80							
	81							
26	76	Av. Princesa Isabel	100	100	100	100	100	100
	77							
28	16	Basilio	62	100	65	100	80	73
		Rua Luis Gama	77	100	32	100	90	100
29	15	Basilio	62	100	65	100	80	73
	16	Basilio	62	100	65	100	80	73
		Rua Luis Gama	77	100	32	100	90	100

Tabela 3 – Características das áreas de risco localizada em áreas subnormais. (cont.)

Área de Risco	Sistema de Encosta	Área Subnormal	Pavimentação (%)	Rede de Água Tratada (%)	Rede de Esgoto (%)	Coleta de Lixo (%)	Iluminação Pública (%)	Construções em Alvenaria (%)
30	15	Basílio	62	100	65	100	80	73
31	18	Basílio	62	100	65	100	80	73
		Rua Luis Gama	77	100	32	100	90	100
	19	Basílio	62	100	65	100	80	73
		Rua Luis Gama	77	100	32	100	90	100
32	13	Alto do Seringal	25	100	33	100	81	50
		Nova Esperança	45	100	64	100	76	56
33	15	Basílio	62	100	65	100	80	73
34	15	Nova Esperança	45	100	64	100	76	56
35	10	Alto do Amparo	89	97	82	65	93	84
	11							
	12							
36	43	Tapera/Bela Vista	58	84	100	100	72	69
37								
38								
	44	Tapera/Bela Vista	58	84	100	100	72	69
42	71	Alto da Gamboa	79	100	86	96	74	93
	73							

6 – CONCLUSÕES

A cidade de Ilhéus, a exemplo de outros centros urbanos do País, convive com os problemas de escorregamentos em encostas nos períodos de chuvas intensas e prolongadas. As ocorrências de instabilidade, até o presente momento, não são cadastradas pelo Poder Público Municipal de forma sistemática. As intervenções realizadas, muitas vezes, ocorrem de forma pontual e em caráter de emergência, não sendo percebidas ações de cunho preventivo. Dessa forma, o reconhecimento dos principais condicionantes geológico-geotécnicos dos sistema de encostas do sítio urbano de Ilhéus, aliado ao entendimento da dinâmica da ocupação destas áreas e suas implicações nos processos de instabilidade de encostas, contribui de forma decisiva para a delimitação de áreas com elevado potencial a escorregamentos. Nesse sentido, cerca de 57% de toda a área estudada é coberta por litologias do domínio geológico-geotécnico do substrato cristalino, que tem reflexo na ocorrência de formas de relevo predominantemente de morros, com altitudes que podem chegar, na parte central da cidade, a 50m. Este relevo é caracterizado por declividades variáveis, com o destaque para a classe 20 – 40%, quando excluídos os topos e vales (classe de 0 – 10%). Nesse contexto, as áreas de declives superiores a 10% representam, no domínio do substrato cristalino, cerca de 68% de sua área, ou seja, uma cobertura de aproximadamente 626,7ha. Destes, de acordo com a avaliação da susceptibilidade pelo modelo SINMAP, 72,8% são classificadas como de baixa susceptibilidade a escorregamentos, enquanto que 21,7% de média susceptibilidade, 4,2% de alta susceptibilidade e 1,38% de muito alta susceptibilidade. Estes valores refletem uma representação em área de 458,96, 136,50, 26,45 e 8,68 hectares, respectivamente. Dessa forma, as áreas consideradas de alta a muito alta susceptibilidade englobam cerca de 35,2 hectares do sítio urbano estudado.

Partindo da premissa de que as encostas não ocupadas e preservadas apresentam-se estáveis, as ocorrências de escorregamentos no sítio urbano de Ilhéus e o aumento do grau de risco, via de regra, estão associadas a interferências impostas pela ocupação subnormal. Grande parte das habitações presentes nas encostas ocorrem sobre patamares escavados com a execução de cortes para nivelar o terreno. O solo retirado das escavações, muitas vezes é lançado de forma não controlada na borda do talude, com o objetivo de aumentar a área conquistada para a construção, gerando desta

forma instabilidade a "montante" da residência, devido ao corte abrupto do terreno, e a "jusante", em função do lançamento de aterro não compactado. Quanto a drenagem pluvial, a quase totalidade dos pontos cadastrados não possui sistema de drenagem na encosta. A ausência de drenagem favorece a infiltração das águas e o aumento significativo na velocidade do escoamento nos trechos desmatados, potencializando a ocorrência de processos erosivos. A ocorrência de lançamento de lixo nos taludes é, de fato, comum nas áreas mapeadas. A acumulação de lixo na encosta contribui para a manutenção excessiva de umidade nos solos, propiciando o desenvolvimento acentuado de vegetação do tipo capim, que por sua vez acumulam mais lixo. Esta excessiva umidade do maciço também é potencializada pelo despejo de águas provenientes de lavagem de casas e roupas. Nos locais onde não existe sistema de esgotamento sanitário, também é comum o lançamento do esgoto "in natura" na superfície inclinada dos taludes. Com relação à cobertura vegetal, na maioria das áreas é composta por vegetação secundária. Predominam as espécies rasteiras como o capim colônião, pequenos arbustos e bananeiras. Este tipo de vegetação mostra-se desfavorável para a estabilidade das encostas e a grande maioria dos eventos de escorregamentos ocorre em áreas cobertas por este tipo de vegetação.

Com relação às áreas de risco delimitadas, apenas 7 das 44 estão localizadas em áreas consolidadas, tendo, em médias, as seguintes características: A Rede de Água tratada abastece, em média, 97% dos domicílios das áreas de risco, havendo caso extremo do Alto do Socorro, onde apenas 67% dos domicílios são abastecidos. Quanto à existência de rede de esgoto, em média, 70% dos domicílios utiliza esta rede, a exceção da área de risco de n.3 localizada na Vila Freitas que não possui rede de esgoto. Com relação ao Lixo, de forma geral, o serviço público de coleta abrange, em média, 92% das áreas subnormais. O Alto da Soledade destaca-se com apenas 40% de sua área contemplada pela coleta de lixo. Quanto ao fornecimento de energia elétrica, em média 81% das áreas são abastecidas. Porém, também na área de risco n.3, nas proximidades da Av. Palmares o fornecimento de energia elétrica abrange apenas 40% dos domicílios. As tipologias habitacionais são, em média, 76% construídas de alvenaria de blocos. Situações de precariedade são observadas na Vila Freitas, com apenas 20% de seus domicílios em alvenaria (Área de risco n. 3) e no Alto do seringal, com 50% (áreas de risco n.4 e n.32). Tal comportamento é refletido no cruzamento dos planos de informação da susceptibilidade com as áreas de ocupação subnormal da cidade, onde cerca de 96% da área apresenta baixa susceptibilidade a escorregamentos. Já as áreas consideradas subnormais apresentam uma redução da representatividade da classe de susceptibilidade baixa, seguida por um aumento de cerca de 3 vezes na representatividade das classes Média, Alta e Muito Alta, quando comparadas com os valores obtidos nas áreas de ocupação consolidada.

7 – AGRADECIMENTOS

Os autores registram agradecimento a Universidade Estadual de Santa Cruz, pelo financiamento deste trabalho.

8 – REFERÊNCIAS

- Arcanjo, J.B.A. (1997). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Itabuna. Folha SD.24-Y-B-VI. Estado da Bahia – Escala 1:100.000 – Brasília. CPRM, 276p.
- Ayala, F. J. (1987). Introduction a Los Riscos Geológicos. In: Riscos geológicos. Madri: Instituto Geológico y Minero de España. p3-19.
- Cerri, L.E.S. (1993). Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos: Uma Proposta para Prevenção de Acidentes. Rio Claro. 197p. Tese (doutorado) – IGCE – Unesp.

- Guidicini, G. E Nieble, C.M. (1976). Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. São Paulo: Edgard Blucher. 170p.
- Hammond, C., D. Hall, S. Miller and P. Swetik, (1992), "Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0," General Technical Report INT-285, USDA Forest Service Intermountain Research Station.
- Lan, H.X., Zhou, C.H., Wang, L.J., Zhang, H.Y., Li, R.H. (2004). Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China. Engineering Geology, (76) 109–128.
- Martin, L. Bittencourt, A.C. de S.P., Villas Boas, G.S. et al. (1980). Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia; escala 1:250.000. Texto explicativo. Salvador: SME/CPM, 57p.
- Pack, R.T., Tarboton, D.G., Goodwin, C.N. (1998). The SINMAP approach to terrain stability mapping. Proceedings of 8th Congress of the International Association of Engineering Geology, Vancouver, British Columbia, Canada, pp. 1157– 1165.
- PEMAS (2002). Plano Estratégico Municipal Para Assentamentos Subnormais. Programa Habitar Brasil/Bid. Subprograma de Desenvolvimento Institucional – Di. Prefeitura Municipal de Ilhéus.
- PMS - Prefeitura Municipal de Salvador. (2003). Plano Diretor de Encostas. Volume Síntese. PMS/SEMIN/CARG – Coord. de Áreas de Risco Geológico.
- Varnes, D.J. (1985). Landslides Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice. Unesco. 63p.
- Vieira, C.F.C., Pereira, A.M.S., Cerqueira Neto, J.X., Dias, V.M., Ramos, V.L.S., Sampaio, F.J., Silva, F.R., Correa, P.R.S., Ferreira, L.A.G. (2005). Cartografia Aplicada na Análise de Riscos Geológicos Associados às Encostas Urbanas do Município de Salvador. Anais da IV Conferência Sobre Estabilidade de Encostas. p.103-116. Salvador-BA.